

**Застосування кореляційного портрету в диференційній діагностиці захворювань
серцево-судинної, легеневої та нервової системи**

Д.В. Вакуленко¹, Л.О. Вакуленко¹, Н.О. Кравець,
О.В. Кутакова², А.С. Сверстюк¹, В.В. Лесів³

1 – ВДНЗ «Тернопільський державний медичний університет
ім. І. Я. Горбачевського МОЗ України»; 2 – Житомирська ЦРЛ
3 – Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

**Применение корреляционного портрета в дифференциальной диагностике
заболеваний сердечно-сосудистой, легочной и нервной системы**

Д.В. Вакуленко¹, Л.А. Вакуленко¹, Н.О. Кравець,
А.В. Кутакова², А.С. Сверстюк¹, В.В. Лесив³

1 - ВДНЗУ «Тернопольский государственный медицинский университет им. И. Я.
Горбачевского МОЗ Украины»; 2 - Житомирская ЦРБ, 3 - Тернопольский национальный
технический университет им. И. Пулюя

**Application Correlation portrait in the differential diagnosis of cardiovascular diseases,
lung and nervous system**

D.V. Vakulenko¹, L.O. Vakulenko¹, N.O.Kravets¹, O.V. Kutakova², A.S.Sverstyuk¹, V.V.
Lesiv³

1 - SHEI "Ternopil state medical university by I.Ya.Gorbachevsky of MPH of Ukraine", 2-
Zhytomyr CRH
3 - I. Pul'uj Ternopil National Technical University.

Описано алгоритм побудови кореляційного портрету адаптаційних механізмів перебігу захворювань при проведенні медичних наукових досліджень. Представлено кореляційний портрет показників вимірювань артеріальних осцилограм та ЕКГ серцево-судинних, легеневих захворювань, порушень мозкового кровообігу, остеохондрозу шийного відділу хребта та здорових.

Ключові слова: кореляційний портрет, артеріальна осцилографія, ЕКГ

Описан алгоритм построения корреляционного портрета адаптационных механизмов течения заболеваний при проведении медицинских исследований. Представлены корреляционный портрет показателей измерений артериальных осциллограмм и ЭКГ сердечно-сосудистых, легочных заболеваний, нарушений мозгового кровообращения, остеохондроза шейного отдела позвоночника и здоровых.

Ключевые слова: корреляционный портрет, артериальная осциллография, ЭКГ

In the article is described correlation portrait diseases of adaptation mechanism process conducted at medical research. Presented portrait correlation performance measurements ECG and arterial oscillograms cardiovascular, pulmonary diseases, cerebrovascular, degenerative disc disease of the cervical spine and healthy.

Keywords: correlation portrait arterial ostsylography, ECG

ВСТУП У різних областях медицини, біології, організації охорони здоров'я, соціально-гігієнічних та клінічних дослідженнях проводиться статистичний аналіз зв'язків, вивчення закономірностей і факторів, що на них впливають. Існують-два види прояву кількісних

взаємозв'язків між ознаками (явищами, факторами) функціональні і кореляційні. При функціональних залежностях кожному значенню однієї змінної величини відповідає одне цілком визначене значення іншої змінної. Такі залежності спостерігаються в математиці й фізиці. Різні вимірювальні прилади засновані на функціональній залежності, наприклад висота ртутного стовпчика дає однозначну відповідь про температуру.

Кореляційні або статистичні зв'язки це ті, при яких чисельному значенню однієї змінної відповідає багато значень іншої змінної. Досліджувані процеси можуть мати різний характер зміни, часто вони відрізняються від лінійних. Для визначення лінійного ступеня взаємозв'язку між показниками використовують метод Пірсона [1], за яким розраховують коефіцієнт кореляції. В цій роботі запропоновано підхід для оцінки лінійних взаємозв'язків між досліджуваними показниками, щодо інших – це предмет наступних досліджень.

Наприклад, при підйомі по сходах, зазвичай, достатньо скоротливої функції м'язів ніг. При втомі, в похилому віці вже виникає потреба у використанні перил, милиць, тощо. Це вказує, що на виконання однієї задачі можуть бути задіяні різні кількості механізмів. До кожного нового явища, патологічного стану організм людини адаптується можливим для нього чином, задіюючи необхідні (можливі) для цього механізми. Функціональний зв'язок має місце по відношенню до кожного конкретного спостереження. Кореляційний ж зв'язок проявляється в середньому для всієї сукупності спостережень - виявлення взаємодії факторів, визначення сили і спрямованості. Практичне використання кореляційного аналізу полягає у виявленні взаємодії факторів, визначення сили та напрямку синергії адаптаційного портрету кожного стану.

Слід підкреслити, що визначення наявності зв'язку між явищами і факторами є справою фахівців. Статистика лише вимірює цей зв'язок.

При проведенні фундаментальних досліджень перебігу захворювання чи реабілітаційного процесу важливо бачити так званий кореляційний портрет. Тобто визначити вплив (участь) кожного показника у процесі адаптації. Нами розроблено алгоритм побудови кореляційного портрету на основі аналізу артеріальної осцилограми [2].

Мета дослідження. На основі існуючих підходів [2] вивчення взаємозв'язків реакцій при різних патологічних станах запропонувати підхід побудови кореляційного портрету адаптаційних механізмів (патологічного процесу) у відповідь на внутрішній чи зовнішній подразник.

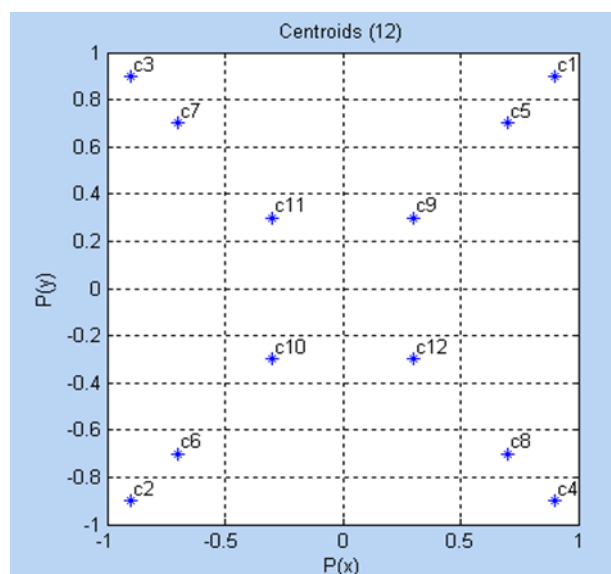
Матеріал та методи дослідження. Обстежено 720 осіб, чоловічої та жіночої статі віком 18-87 років, без скарг на стан здоров'я та з різними патологічними станами (14 нозологій). Вимірювання проводились на кафедрі медичної інформатики ТДМУ ім. І.Я. Горбачевського, в санаторію-профілакторію ТНПУ ім. В.Гнатюка, на клінічних базах Тернополя та Житомира в 2012 – 2017 роках. Для порівняльного аналізу використано відкриту базу біосигналів physionet.org. Осцилограми реєстрували в стані спокою (в положенні сидячи та лежачи), на правій та лівій руці та при різних фізичних, термічних та мультимедійних впливах (28 видів).

Вимірювання артеріального тиску з подальшою реєстрацією артеріальної осцилограми проведено за допомогою електронного вимірювача тиску ВАТ41-2 (виробник «ІКС-ТЕХНО») на лівому та правому плечі. Формування та запис артеріальної осцилограми відбувався в автоматичному режимі, синхронно з нагнітанням повітря в манжету і реєстрацією відповіді артерії на стискання протягом усього періоду компресії з подальшим застосуванням морфологічного часового, спектрального та методів їх аналізу [2]. Два останні проводились відповідно до методів, що використовуються при аналізі варіабельності серцевого ритму ЕКГ.

Аналіз біосигналів з подальшим розрахунком показників та статистичним аналізом проводили за допомогою, розробленого авторами програмного середовища OScECgREoEEgPuls. В якому додатково до прийнятих методів часового та спектрального аналізу RR інтервалів реалізовано спектральний аналіз за перетворенням Фур'є та Гільберта-Хуанга самого сигналу для артеріальних осцилограм 413, а для ЕКГ 132 показників. Між згрупованими за патологіями, різними навантаженнями показниками визначався коефіцієнт кореляції.

Вибрані значення кореляції піддавались кластерному аналізу (метод **k-середніх**) [3], де групувались розраховані значення кореляції. Кореляти групували окремо всередині одного експерименту та між усіма показниками до та після експерименту в 12 кластерів з наступними координатами центроїдів.

	X	Y
Centroid 1	0,9	0,9
Centroid 2	-0,9	-0,9
Centroid 3	-0,9	0,9
Centroid 4	0,9	-0,9
Centroid 5	0,7	0,7
Centroid 6	-0,7	-0,7
Centroid 7	-0,7	0,7
Centroid 8	0,7	-0,7
Centroid 9	0,3	0,3
Centroid 10	-0,3	-0,3
Centroid 11	-0,3	0,3
Centroid 12	0,3	-0,3



Згруповані в кластери кореляти, що знаходились в інтервалі від 0,9 до 1 та від -0,9 до -1 (значущі), сортували за наступними критеріями – складовими кореляційного портрету.

1. У проведених експериментах значення кореляцій в кластері не виходили за межі одного кластера, були нечутливі до діючих чинників.
2. В експерименті значення кластера було унікальним (специфічним) саме до певного чинника з усього переліку проведених експериментів.
3. При вивченні певних видів впливу вивчали спільні та унікальні кореляти на різних етапах дослідження.
4. Кількість значущих корелят до та після експерименту.
5. Кількість та вага показників в кореляційному портреті
6. Кількість корелят з прямою та оберненою залежністю.
7. Кількість корелят з кожного рівня регуляції нервової системи.
8. Які рівні регуляції нервової системи корелюють та як часто (ULF, VLF, LF, HF).
9. Частота та кількість залучених у адаптаційних процесах показників частотою більше 0,4 Гц (пов'язаних з мозковою діяльністю) за перетворенням Фур'є та Гільберта-Хуанга.
10. Частота та кількість корелят показників розрахованих за позитивними та негативними екстремумами.
11. Частота та кількість корелят між показниками часового та спектрального аналізу.
12. Кореляційна особливість адаптації за фазою компресії плеча.
13. Яка складова спектру корелює з ширшим за діапазоном спектром (прикл VLF - Delta -0,4Гц).
14. Кількість, рівні та якості регуляторних механізмів залучених у адаптації (Сумарний ефект регуляції Функція автоматизму Вегетативний баланс Стійкість регуляції Активність серцево-судинного підкоркового нервового центру (ПНЦ)).

Результати та обговорення: Для наочності запропонуємо застосування цього алгоритму при аналізі адаптаційних механізмів при наступних патологічних станах та здорових Артеріальних осцилограм та ЕКГ: ІХС - Ішемічна хвороба серця, Здорові в положенні сидячи, АС-атеросклероз, АГ-1 - артеріальна гіпертензія першого типу, ЕС - екстрасистоля, ГХ-2-гіпертонічна хвороба 2-го типу, КС - кардіосклероз, ПРС - порушення ритму серця, ПКС - постінфарктний кардіосклероз, ЦД - цукровий діабет, СК - стенокардія, СКН - стенокардія напруги, ПФПС - порушення функції провідності серця, ХОЗЛ- хронічне обструктивне захворювання легень, ШОХ - шийний остеохондроз. В таблиці 1 показано складові кореляційного портрет деяких станів (назви показників, частота їх появи, додатні та від'ємні кореляти)

Таблиця 1

Складова кореляційного портрет деяких станів (назви показників, частота їх появи, додатні та від'ємні кореляти)

Здорові		ШОХ		Інсульт Гостра фаза		Пост- Інсульт		КС	
додатні	К- ть	додатні	К- ть	додатні	К- ть	додатні	К- ть	додатні	
VLF	3	VLF	3	VLF	3	VLF	3	HF	4
VLF-int_p	3	Alpha	3	Alpha	3	VLF_int_p	3	VLF	3
IVR-pos	2	VLF_int_p	3	VLF_int_p	3	IVR-p	2	Alpha	3
HVR-ind-p	1	IVR-p	2	IVR-p	2	HF	2	VLF_int_p	3
HVR-ind-n	1	HF	2	IVR-n	2	HVR-ind-p	1	IVR-p	2
SI_pos	1	Beta	2	HF	2	HVR-ind-n	1	%HF	2
L1_pos	1	HFx25	2	%HF	2	SI_p	1	%Alpha	2
Delta	1	HFx25	2	%Alpha	2	L1_p	1	Beta	2
Teta	1	HVR-p	1	Beta	2	Delta	1	%Beta	2
Alpha	1	HVR-n	1	%Beta	2	Total	1	HFx25	2
Total	1	SI_pos	1	HFx25	2	power_25	1	%HFx25	2
Power-25	1	L1_pos	1	%HFx25	2	Total_pow	1	HFx25	2
Total_pow	1	Delta	1	HFx25	2	HF_int_p	1	HVR-ind-p	1
Delta_int_p	1	Teta	1	HVR-ind-p	1	HF_per_int_p	1	HVR-ind-n	1
power int_p	1	%Alpha	1	HVR-ind-n	1	Delta_int_p	1	SI_p	1
Total_int_p	1	%Beta	1	SI_p	1	powe5_int_p	1	L1_p	1
		Total	1	L1_p	1	Total_int_p	1	Delta	1
		Power-25	1	SI_n	1			Teta	1
		Total_pow	1	L1_n	1			Total	1
		Delta_int_p	1	Delta	1			power25	1
		power_25_int_p	1	Teta	1			Total_pow	1
		Total_int_p	1	Total	1			HF_int_p	1
				power_25	1			HF_per_int_p	1
				Total_pow	1			Delta_int_p	1
				Delta_int_p	1			power25_int_p	1
				power25_int_p	1			Total_pow- int_p	1
				Total_nt_p	1				
від'ємні	К- ть			від'ємні	К- ть	від'ємні	від'ємні		
RR-neg-mean	2			%Delta	3	RR-n-mean	2	%Delta	3
Delta	1			RR-n-mean	2	Delta	1	RR-neg-mean	2
%Delta	1			%HF	1	Total	1	%HF	1
%Alpha	1			Delta	1			Delta	1
Total	1			%Alpha	1			%Alpha	1
				%Beta	1			%Beta	1
				%HFx25	1			%HFx25	1
				Total	1			Total	1

Наведена в таблиці 1 динаміка показників показує наявність притаманних кожному стану корелят та кількості. Аналіз та проведення патофізіологічної інтерпретації дає можливість не

тільки сформувані кореляційний портрет для диференціальної діагностики, а і пояснити задіяні механізми та їх рівні.

Подана в таблиці 2 порівняльний аналіз кількісних ознак кореляційних портретів на основі аналізу артеріальних осцилограм АО та ЕКГ відображає ряд особливостей. Кількість корелят в ЕКГ значно більше ніж в АО як в позитивних та негативних зав'язків, хоча кількість досліджуваних показників в АО – 413, а в ЕКГ – 132. Вказана особливість потребує подальшої інтерпретації. Кількість корелят для здорових за аналізом ЕКГ та АО достовірно менше ($p < 0,05$), що може бути маркером здоров'я.

Таблиця 2

Динаміка кількості додатних та від'ємних корелят артеріальних осцилограм та ЕКГ у проведених дослідженнях

Назва патології	К-ть осіб	Артеріальна осцилограма			ЕКГ		
		К-ть додатніх корелят (дк)	К-ть від'ємних корелят (вк)	Відношення =дк/вк	К-ть додатніх корелят	К-ть від'ємних корелят	Відношення =дк/вк
ІХС	255	32	10	3.2	72	35	2.1
Здорові	50	14	6	2.3	64	30	2.1
АС	27	28	10	2.8	78	19	4.1
АГ-1	92	32	10	3.2	75	35	2.1
ЕС	32	24	10	2.4	95	15	6.3
КС	5	30	10	3	86	15	5.7
ПКС	52	30	10	3	95	15	6.3
ЦД	38	28	10	2.8	95	15	6.3
СК	28	28	10	2.8	95	15	6.3
СКН	20	26	10	2.6	88	13	6.8
ХОЗЛ	45	28	10	2.8	95	15	6.3

Саме для хворих на інфаркт міокарда виявили притаманний кореляційний зв'язок між триангулярним індексом та потужністю спектру хвиль другого порядку, що відображає участь вищих вегетативних центрів у загальній варіабельності серцевого ритму. Співвідношення кількості додатніх і від'ємних корелят найменше для здорових і воно дорівнює 2,3 для АО і 2,1 для ЕКГ. Слід відмітити, що вказане співвідношення для ЕКГ зустрічається і для хворих з ішемічною хворобою серця та артеріальною гіпертензією першого ступеню.

Для проведення побудови кореляційного портрету на основі аналізу біосигналів (АО, ЕКГ, ЕЕГ, пульсограма, аудіограма) розроблено програмне середовище «OscEcGReoPuls».

Застосування запропонованих критеріїв побудови кореляційного портрету допоможе створити специфічну групу ознак для досліджуваного патологічного стану чи терапії.

ВИСНОВОК. Побудова кореляційних портретів дозволяє доповнити існуючі методи диференційної діагностики для більш якісного їх проведення та застосувати їх для оцінки ефективності терапії. Запропонований алгоритм допоможе глибше зрозуміти патоморфологічні механізми, задіяні при адаптації організму до різних патологічних станів. Вказаний підхід може бути використаний для побудови кореляційних портретів в медицині (різних патологічних станів, реакцій на фізичне навантаження, лікувальних та діагностичних алгоритмів, страховій медицині, діяльності лікувального закладу), в економіці (діяльність підприємства, курсу валют), екології тощо.

Література

1. Rodgers J. L. Thirteen ways to look at the correlation coefficient / J. L. Rodgers, W. A. Nicewander. // The American Statistician. – 1988. – №42. – С. 59–66.

2. Вакуленко Д. В. Інформаційна система морфологічного, часового, частотного та кореляційного аналізу артеріальних осцилограм у фізичній реабілітації: монографія / Д. В. Вакуленко. – Тернопіль : ТДМУ, 20015. – 212 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.2833.3684
3. David Arthur How Slow is the k-means Method? / David Arthur, Sergei Vassilvitskii // Proceedings of the 2006 Symposium on Computational Geometry (SoCG). – Sedona, Arizona, USA, 2006. – P. 15–21.
4. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. — М.: Медицина, 1997. <http://www.iki.rssi.ru/mars500/bibl/24baevsky.pdf>

В APA стилі

1. Rodgers, J. L., & Nicewander, W. A. (1988). Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient. *The American Statistician*, 42(1), 59. <https://doi.org/10.2307/2685263>
2. Vakulenko, D. (2015). Information System morphological, temporal, spectral and correlation analysis of arterial oscillograms in physical rehabilitation. *Ukrmedknyha*. <https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2833.3684>
3. Arthur, D., & Vassilvitskii, S. (2006). How slow is the k -means method? In *Proceedings of the twenty-second annual symposium on Computational geometry - SCG '06* (p. 144). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1137856.1137880>
4. Baevsky`j, R. M., & Y`vanov, G. G. (n.d.). Variability of cardiac rhythm: Theoretical aspects of application Clinical and Opportunity. *Ultrasonic and Functional Diagnostics*, 3, 106–127 [in Russian].